

BEST AVAILABLE COPY

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 30 08 577 A 1

⑯ Int. Cl. 3:  
F 25 J 3/04

⑯ Anmelder:

Linde AG, 6200 Wiesbaden, DE

⑯ Aktenzeichen:  
⑯ Anmeldetag:  
⑯ Offenlegungstag:

P 30 08 577.9  
6. 3. 80  
10. 9. 81

⑯ Erfinder:

Rohde, Wilhelm; Reyhing, Jörg, Dr., 8000 München, DE

⑯ Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben einer Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlage

DE 30 08 577 A 1

DE 30 08 577 A 1

BEST AVAILABLE COPY

06-03-80

3008577

1

5

(H 1187)

H 80/15

Fa/fl  
3.3.1980

10

Patentansprüche

151. Verfahren zum Betreiben einer Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlage, bei dem die zu zerlegende Luft verdichtet, in Molsiebadsorbern, Regeneratoren oder Revex gereinigt, gekühlt und einer Zerlegungseinrichtung zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Teil der zu zerlegenden Luft vor ihrem Eintritt in die Molsiebadsorber, Regeneratoren oder Revex zunächst durch den beladenen, dann durch den regenerierten Adsorber eines Paar es periodisch umgeschalteter abwechselnd beladener und regenerierter Adsorber (6a, 6b) geleitet und zwischen den beiden Adsorbern (6a, 6b) gekühlt wird, wobei anfallende Kondensate aus der Luft abgetrennt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils der zu beladende der Adsorber (6a, 6b) vor dem Einleiten der zu trocknenden Luft gekühlt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß am Ende eines Schalttaktes der Adsorber (6a, 6b) die verdichtete zu zerlegende Luft gekühlt und über den beladenen Adsorber geleitet wird.

00-000-000  
2  
3008577

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Adsorber (6a, 6b) im Gleichstrom beladen und regeneriert werden.
55. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die verdichtete Luft vor ihrem Eintritt in die Adsorber (6a, 6b) gekühlt, dabei auskondensierende Feuchtigkeit abgeschieden und die vorgetrocknete Luft wiedererwärmst wird.

10

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Wiedererwärmung in Wärmetausch mit der komprimierten Luft durchgeführt wird.
157. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Luft zwischen den Adsorbern (6a, 6b) zusätzlich Kälte zugeführt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß einem Zwischenkühler (3c) eines Verdichters (2c) für die zu zerlegende Luft zusätzliche Kälte zugeführt wird.

20

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die zusätzliche Kälte für den Kühler (19) zwischen den Adsorbern (6a, 6b) und/oder für den Zwischenkühler (3c) durch einen mit trockenem Zerlegungsprodukt aus der Zerlegungseinrichtung betriebenen Verdunstungskühler erzeugt wird.

25

10. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9, mit einem Verdichter und mit dem Verdichter verbundenen MolsiebadSORbern, Regeneratoren oder Revex und einer nachgeschalteten Zerlegungseinrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß ein Paar perio-

30

35

06.000.00

3008577

1 disch umschaltbarer Adsorber (6a, 6b) zwischen Verdichter (2a,2b,2c,2d) und den Molsiebadsorbern, Regeneratoren oder Revex vorgesehen ist, wobei der Ausgang des einen Adsorbers über einen Kühler (8,19) mit dem Eingang des anderen Adsorbers verbunden ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Adsorber (6a,6b) Aluminiumgel als Adsorptionsmittel enthalten.

10 12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühler (8,19) mit einem Verdunstungskühler in wärmeleitender Verbindung steht.

15 13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, gekennzeichnet durch einen Wärmetauscher (12), dessen warmes Ende einerseits mit dem Verdichter (2d) für die zu zerlegende Luft und andererseits mit den Adsorbern (6a,6b) in Verbindung steht, und dessen kältes Ende über einen Kühler (8,91) kurzgeschlossen ist.

20 14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß Umgehungsleitungen (15,17) für den Wärmetauscher (12) vorgesehen sind.

25

30

35

06-000-800  
-4-

3008577

1

LINDE AKTIENGESELLSCHAFT

5

(H 1187)

H 80/15

Fa/fl

3.3.1980

10

Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben  
einer Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlage

15 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Tieftemperatur-Luftzerlegungsanlage, bei dem die zu zerlegende Luft verdichtet, in MolsiebadSORBERN, Regeneratoren oder in Revex gereinigt, gekühlt und einer Zerlegungseinrichtung zugeführt wird.

20

Die zu zerlegende Luft wird zunächst auf einen Druck verdichtet, der zum Betreiben der Zerlegungseinrichtung erforderlich ist. Die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit muß anschließend zum größten Teil entfernt werden, um ein 25 Zufrieren der kalten Teile der Luftzerlegungsanlage zu verhindern. Hierzu wird die komprimierte Luft entweder über Revex, Regeneratoren oder über Molsiebadsorber geleitet.

30 In den Revex oder Regeneratoren wird die Luft in indirektem Wärmetausch mit einem kalten Zerlegungsprodukt, beispielsweise Sauerstoff abgekühlt, wobei Wasser, Kohlendioxid und andere Verunreinigungen der Luft auskondensieren bzw. ausfrieren und sich an den Wänden der Strömungsquer-35 schnitte für die Luft niederschlagen. Die Luft-Strömungs-

000000

- 5 -

3008577

1 querschnitte werden in periodischem Wechsel von einem anderen Zerlegungsprodukt, z.B. Stickstoff, freigespült.

Bei einer Luftzerlegungsanlage, in der nur reiner Sauerstoff erzeugt werden soll, ist dieses Verfahren ohne Schwierigkeit durchführbar, da etwa 75 % der eingesetzten Luft für Spülzwecke zur Verfügung stehen. Sollen in der Luftzerlegungsanlage jedoch Sauerstoff und Stickstoff produziert werden, so werden bei einer Revex-Anlage etwa 50 % der trockenen Zerlegungsprodukte für Spülzwecke verwendet.

Revex weisen zudem den Nachteil auf, daß Korrosion an den Wänden der mit feuchtem Gas in Berührung kommenden Strömungswege auftreten kann. Außerdem besteht bei Revex die Gefahr, daß bei Anwesenheit von flüssigem Wasser diese bei starken Temperaturänderungen auffrieren. Dieser Nachteil tritt bevorzugt bei Stillständen auf.

Aus diesem Grund werden in letzter Zeit bevorzugt Molsiebstationen zum Trocknen und Reinigen der Luft verwendet. Ein Paar periodisch umgeschalteter Molsiebadsorber wird abwechselnd von zu reinigender Luft und Regeneriergas durchströmt. Die Molsiebe weisen jedoch den Nachteil auf, daß zu ihrer Regenerierung rund 25-30 % der trockenen Zerlegungsprodukte benötigt werden. Außerdem ist der spezifische Energieverbrauch der Molsiebe größer als derjenige der Revex.

Kleinere und damit im Betrieb energiesparendere Molsiebadsorber können zwar eingesetzt werden, nämlich wenn die Molsiebadsorber bei tieferen Temperaturen betrieben werden. In diesem Fall ist jedoch eine zusätzliche Kälteanlage erforderlich, die teuer in der Investition und außerdem störanfällig ist.

00-000-000  
6 3008577

- 1 Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu entwickeln, das sich durch niedrigen Energieverbrauch und geringe Störfähigkeit auszeichnet.
- 5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß mindestens ein Teil der zu zerlegenden Luft vor ihrem Eintritt in die Molsiebadsorber oder Revex zunächst durch den beladenen, dann durch den regenerierten Adsorber eines Paares
- 10 periodisch umgeschalteter, abwechselnd beladener und regenerierter Adsorber geleitet und zwischen den beiden Adsorbern gekühlt wird, wobei anfallende Kondensate aus der Luft abgetrennt werden.
- 15 Die gesamte zu zerlegende Luft wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren vor ihrem Eintritt in nachfolgende Molsiebadsorber, Regeneratoren oder Revex vorgetrocknet. Zunächst wird die Luft unter Ausnutzung der Kompressionswärme durch den beladenen der Adsorber geleitet und regeneriert diesen.
- 20 Das desorbierte Wasser wird durch anschließende Kühlung der Luft kondensiert und aus dem Luftstrom abgetrennt. Nun gelangt die Luft in den regenerierten der Adsorber und gibt dort weitere Feuchtigkeit ab.
- 25 Erfindungsgemäß wird also der Taupunkt der Luft vor ihrem Eintritt in die Molsiebanlage oder Revex gesenkt. Dadurch ist es möglich, kleinere Molsiebadsorber zu verwenden. Der Energieaufwand bei der Regenerierung der Molsiebadsorber verringert sich, da weniger Wasser desorbiert werden muß.
- 30 Als weiterer entscheidender Vorteil, der sich durch den Erfindungsgegenstand ergibt, ist anzusehen, daß nunmehr auch die in vieler Hinsicht den Molsiebadsorbern vorzuziehenden Revex eingesetzt werden können, da deren Hauptnachteile, nämlich die Korrosionsanfälligkeit und das Auffrieren,
- 35 durch die Vortrocknung weitgehend ausgeschaltet sind. Außerdem

3008577

1 dem ist der Heizflächenbedarf bei Revex durch den Erfindungs-  
gegenstand geringer, so daß diese kleiner gebaut werden kön-  
nen. Es hat sich überdies gezeigt, daß aufgrund der Vortrock-  
nung der Luft nachfolgende Revex in einer besonders vorteil-  
haften Position, nämlich mit ihren warmen Enden nach oben,  
aufgestellt werden können, da die Gefahr des Auffrierens  
durch herablaufendes Wasser nicht mehr gegeben ist. Weiter-  
hin wird bei der erfindungsgemäßen Verfahrensführung kein  
zusätzlicher Spülgasstrom für die Adsorber benötigt, da  
10 diese mit der zu trocknenden Luft regeneriert werden. Bei  
Verwendung von Molsiebadsorbern wird weniger trockenes Spül-  
gas aus der Luftzerlegungsanlage benötigt, da weniger Feuch-  
tigkeit aus den Molsiebadsorbern zu entfernen ist.  
  
15 Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Erfindungsgegen-  
standes wird jeweils der zu beladende der Adsorber vor dem  
Einleiten der zu trocknenden Luft gekühlt. Hierzu wird vor-  
zugsweise am Ende eines Schaltaktes der Adsorber die ver-  
dichtete zu zerlegende Luft gekühlt und über den beladenen  
20 Adsorber geleitet.

Es ist von Vorteil, wenn die Adsorber im Gleichstrom beladen  
und regeneriert werden.

25 Bei dieser Verfahrensführung kann die Zahl der benötigten  
Armaturen klein gehalten werden. Vor allem läßt sich hier-  
bei erreichen, daß die Vorrichtung zur Kühlung der Luft zwi-  
schen den beiden Adsorbern in beiden Schaltakten in dersel-  
ben Richtung durchströmt wird und infolgedessen nur ein Ab-  
30 scheider nach dem Kühler erforderlich ist, im Gegensatz zu  
zwei Abscheidern, die erforderlich wären, wenn die Luft ab-  
wechselnd aus beiden Richtungen durch die Kühlvorrichtung  
strömen würde.

35 Als vorteilhaft hat sich eine Weiterbildung des erfindungs-

1 gemäßen Verfahrens erwiesen, bei der die verdichtete Luft vor ihrem Eintritt in die Adsorber gekühlt, dabei auskondensierende Feuchtigkeit abgeschieden und die vorgetrocknete Luft wieder erwärmt wird. Auf diese Weise wird der Taupunkt 5 der Luft gesenkt, so daß die Adsorber kleiner gebaut werden können.

Insbesondere ist es zweckmäßig, wenn die Wiedererwärmung in Wärmetausch mit der komprimierten Luft durchgeführt wird.

10 Hierbei ist keine zusätzliche Energie zur Wiedererwärmung der vorgetrockneten Luft erforderlich, sondern es wird in besonders energiesparender Weise die Kompressionswärme zurückgewonnen.

15 Der Wärmetausch führt jedoch zu einem Druckabfall der zu zerlegenden Luft. Um den Wärmetauscher daher kleiner ausführen oder ganz entbehren zu können, wird weiterhin vorgeschlagen, daß der Luft zwischen den Adsorbern zusätzliche Kälte zugeführt wird, die gemäß einer weiteren vorteilhaften 20 Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes in einem mit Trockenprodukten aus der Zerlegungseinrichtung betriebenen Verdunstungskühler erzeugt wird.

Durch die Zusatzkühlung läßt sich trotz Wegfall des Wärmetauschers ein niedriger Taupunkt in der Luft bei Verlassen 25 der Adsorber erreichen. Zur Kühlung wird ein trockener Produktstrom durch einen Verdunstungskühler geleitet, so daß eine zusätzliche Kälteanlage nicht erforderlich ist. Die Verfügbarkeit eines trockenen Produktstroms resultiert wiederum aus der erfindungsgemäßen Verfahrensführung, bei der die 30 den Revex oder Molsiebadsorbern zugeführte Luft bereits weitgehend vorgetrocknet ist, und daher die zu Spül- bzw. Regenerierzwecken verwendeten trockenen Zerlegungsprodukte weit weniger Feuchtigkeit enthalten als bisher.

3008577

1 Als zusätzliche oder alternative Maßnahme zur Senkung des Taupunktes der Luft wird ein zwischen Kühler eines Verdichters für die zu zerlegende Luft mit einer zusätzlichen Kältequelle versehen. Vorzugsweise wird als zusätzliche Kältequelle  
5 ebenfalls ein mit Trockenprodukten aus der Zerlegungseinrichtung betriebener Verdunstungskühler verwendet.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfaßt mindestens einen Verdichter für zu zerlegende  
10 Luft, mit dem Verdichter verbundene Molsiebadsorber, Regeneratoren oder Revex und eine nachgeschaltete Zerlegungseinrichtung, und ist gekennzeichnet durch ein Paar periodisch umschaltbarer Adsorber, die zwischen Verdichter und den Molsiebadsorbern, Regeneratoren oder Revex vorgesehen sind, von  
15 denen der Ausgang des einen Adsorbers über einen Kühler mit dem Eingang des anderen Adsorbers verbunden ist.

Es hat sich als günstig erwiesen, wenn die Adsorber Aluminiumgel als Adsorptionsmittel enthalten.

20 In vorteilhafter Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes wird vorgeschlagen, daß der Kühler mit einem Verdunstungskühler in wärmeleitender Verbindung steht.

25 Bei einer Modifikation der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist ein Wärmetauscher vorgesehen, dessen warmes Ende einerseits mit dem Verdichter und andererseits mit den Adsorbern in Verbindung steht und dessen kaltes Ende über einen Kühler kurzgeschlossen ist.

30 In Weiterbildung des Erfindungsgegenstandes wird vorgeschlagen, daß Umgehungsleitungen für den Wärmetauscher vorgesehen ist.

35 Weitere Einzelheiten der vorliegenden Erfindung werden an-

10  
3008577

1 hand von schematisch dargestellten Ausführungsbeispielen  
beschrieben.

Hierbei zeigen die Figuren 1, 2 und 3 verschiedene Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens. Analoge Bau-  
teile sind in den Figuren mit denselben Bezugsziffern ver-  
sehen.

Zu zerlegende Luft 1, z.B. 50 000 Nm<sup>3</sup>/h, wird von der ersten  
10 Stufe 2a eines vierstufigen Luftverdichters 2a, 2b, 2c, 2d  
angesaugt. Die Verdichterstufen 2a, 2b, 2c, 2d liegen auf  
einer Welle und werden von einem Motor M angetrieben. Der  
Verdichter ist als Kolben-, Schrauben- oder Turboverdich-  
ter ausgeführt. Nach den ersten drei Verdichterstufen 2a,  
15 2b, 2c wird die Luft jeweils in einem Zwischenkühler 3a, 3b,  
3c gekühlt und in die nächste Verdichterstufe geleitet.  
Die Zwischenkühler 3a, 3b, 3c sind an einem Kühlwasserkreis-  
lauf angeschlossen, dessen Vorlauftemperatur (bei 4) 34°C  
und dessen Rücklauftemperatur (bei 5) ca. 44°C beträgt.

20 Die den Zwischenkühler 3c verlassende Luft hat einen Druck  
von 4,7 bar absolut und eine Temperatur von 44°C. Ihr Wasser-  
gehalt beträgt 17g H<sub>2</sub>O/Nm<sup>3</sup>. In der letzten Verdichterstufe  
2d wird die Luft auf 7,3 bar absolut verdichtet, wobei sie  
25 sich auf 100°C erwärmt. Bei diesem Druck beträgt der Tau-  
punkt 52°C.

Während bei bisher üblichen Verfahren die Luft über einen  
Kühler geleitet wurde und mit einem Taupunkt von rund 41°C  
30 entsprechend einem Wassergehalt von 9g H<sub>2</sub>O/Nm<sup>3</sup> in die Mol-  
siebadsorber, Regeneratoren oder Revex enthaltende Trock-  
nungseinrichtung der Luftzerlegungsanlage geleitet wurde,  
wird die Luft erfindungsgemäß vorgetrocknet, und zwar mit  
dem in Figur 1 dargestellten Verfahren auf einen Taupunkt  
35 von ca. 2,7g H<sub>2</sub>O/Nm<sup>3</sup> entsprechend einem Taupunkt von 20°C  
bei 7,1 bar.

11  
3008577

- 1 Hierzu wird die Luft über 2 im periodischen Wechsel beladene und regenerierte Adsorber 6a, 6b geleitet. Das Umschalten erfolgt durch eine Schaltklappe 7. Eine typische Dauer eines Schaltaktes ist 30 Minuten. Als Adsorptionsmittel enthalten
- 5 die Adsorber 6a, 6b Aluminiumgel. Ihr Durchmesser beträgt beispielsweise 2700 mm, die Schütt Höhe 1300 mm.

Erfnungsgemäß wird die Luft zunächst über den beladenen der beiden Adsorber geleitet; in Figur 1 ist dies Adsorber 6a. Von der heißen Luft wird unter Ausnutzung der Kompressions-energie des Luftverdichters das im vorhergehenden Schaltzyklus adsorbierte Wasser bis auf eine Restbeladung von etwa 9,5 Gew.% desorbiert. Nach Verlassen des Adsorbers 6a wird die Luft in einen Kühler 8 geleitet und auf 41°C gekühlt. Der Kühler 8 ist ebenfalls an den Kühlwasserkreislauf angeschlossen. Bei der Abkühlung kondensiert das desorbierte Wasser und wird in einem nachfolgenden Abscheider 9b ausgeschieden. Im anderen Schalttakt, wenn zuerst der Adsorber 6b durchströmt wird und die Strömungsrichtung der Luft im Kühler 8 umgekehrt ist, wird das auskondensierte Wasser in einem Abscheider 9b ausgeschieden. Die Luft durchströmt dann mit einem Taupunkt von 41°C bei 7,25 bar (ca. 8,8 g H<sub>2</sub>O/Nm<sup>3</sup>) Adsorber 6b von unten nach oben. Dabei wird der Adsorber 6b zum Luftstrom am Eintritt gekühlt und Wasser adsorbiert. Da der Adsorber 6b nicht kalt gefahren worden ist, vor er in Adsorption geht, desorbiert etwa während der ersten 5 Minuten des Schaltaktes Wasser vom warmen Ende der Schüttung. In dieser Zeit tritt die am Eintritt der Schüttung auf etwa 2,7 g H<sub>2</sub>O/Nm<sup>3</sup> getrocknete Luft am Adsorberaustritt mit 100°C aus, wobei sich entsprechend der Wasserrestbeladung des Adsorbers 6b ein Wassertaupunkt von 52°C bei 7,1 bar entsprechend 17 g H<sub>2</sub>O/Nm<sup>3</sup> einstellt. In einem nachgeschalteten Kühler 10 zur Abführung der Adsorptionswärme, der ebenfalls an den Kühlwasserkreislauf angeschlossen ist, wird die Luft auf 41°C abgekühlt und auskondensierendes Wasser in einem nachfolgenden

1 Abscheider 11 abgetrennt. Der Wassergehalt in der Luft nach dem Abscheider 11 beträgt innerhalb der ersten 5 Minuten des Schalttaktes etwa  $9 \text{ g H}_2\text{O/Nm}^3$ , anschließend  $2,7 \text{ g H}_2\text{O/Nm}^3$  entsprechend einem Taupunkt von  $20^\circ\text{C}$  bei 7,1 bar. Die vor 5 getrocknete Luft wird nun einer in der Figur nicht dargestellten Trocknungsstation zugeführt, die Molsiebadsorber oder Revex enthält.

Im folgenden wird die Wasserbilanz, bezogen auf eine Stunde 10 bei einer Schalttaktdauer von einer halben Stunde für das Verfahren gemäß Figur 1 und für das bisher übliche Verfahren gegenübergestellt.

Erfindungsgemäßes Verfahren:

15  $10 \text{ Min} \times 50\,000 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0,009 \text{ kg/Nm}^3 + 50 \text{ Min} \times 50\,000 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0,0027 \text{ kg/Nm}^3 = 187,5 \text{ kg/h.}$

Bisheriges Verfahren:

60 Min  $\times 50\,000 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0,009 \text{ kg/Nm}^3 = 450 \text{ kg/h.}$

20 Mit dem erfundungsgemäßen Verfahren gelangt also um rund 58 % weniger Wasser in die nachfolgende Reinigungseinrichtung. Der hierzu benötigte technische Aufwand ist sehr gering. Es werden nur zwei Adsorber, eine Schaltuhr, ein Zwi 25 schenkuhler zwischen den Adsorbern und ein Nachkuhler zum Abführen der Adsorptionswärme benötigt.

In Figur 2 ist eine Verfahrensführung dargestellt, mit der der Taupunkt der Luft noch weiter gesenkt werden kann und 30 außerdem die Schwankungen im Taupunkt während eines Schaltaktes vermieden werden.

Zunächst wird auch hier die Luft in einem vierstufigen Verdichter 2a, 2b, 2c, 2d komprimiert und gelangt dann 35 jedoch (Ventil 15 ist zunächst geschlossen) in einen Wärme-

00000000  
13 3008577

1 tauscher 12, in dem die Luft einen Teil ihrer Wärme abgibt.  
In einem Kühler 13 wird die Luft weiter abgekühlt und aus-  
kondensierendes Wasser in einem nachfolgenden Abscheider 14  
abgeschieden. Der Drucktaupunkt der Luft wird hierbei auf  
5 41°C entsprechend 8,8 g H<sub>2</sub>O/Nm<sup>3</sup> gesenkt. Der Kühler 13 kann  
beispielsweise an den Kühlwasserkreislauf angeschlossen sein.

Die Luft gelangt über Ventil 16 in den Wärmetauscher 12  
und nimmt dort die Wärme der die Verdichterstufe 2d ver-  
10 lassenden Luft auf. Die Kompressionsenergie bleibt auf diese  
Weise erhalten. Nun wird die Luft wiederum in periodisch  
umgeschaltete Adsorber 6a, 6b geleitet. Im Unterschied zu  
der Anordnung gemäß Figur 1 werden die Adsorber 6a, 6b im  
Gleichstrom beladen und regeneriert. Auf diese Weise lassen  
15 sich Armaturen einsparen, außerdem wird der Kühler 19 zwischen  
den Adsorbern 6a, 6b in beiden Schaltakten in derselben  
Richtung durchströmt. Dadurch ist nur noch ein einziger Ab-  
scheider 20 erforderlich.

20 Die Luft wird über Schaltklappe 7 in den ersten Adsorber 6a  
geführt und gelangt dann über eine Schaltklappe 18 in den  
Kühler 19, der beispielsweise ebenfalls an den Kühlwasser-  
kreislauf angeschlossen ist. Auskondensierendes Wasser wird  
im Abscheider 20 abgetrennt und die Luft im Adsorber 6b ge-  
25 trocknet. Im Kühler 10 wird die Adsorptionswärme abgeführt.  
Anschließend wird die Luft in Revex, Regeneratoren oder  
Mdsiebadsorbern geleitet.

Schwankungen im Taupunkt der Luft während eines Schaltaktes  
30 werden dadurch vermieden, daß die Adsorber 6a, 6b vor der  
Adsorptionsphase gekühlt werden. Jeweils der regenerierte  
Adsorber wird zur Kühlung 5 bis 10 Minuten lang von kalter  
Luft durchströmt. Zu diesem Zweck wird Ventil 15 geöffnet  
und Ventil 16 so eingestellt, daß die Luft unter Umgehung  
35 des Wärmetauschers 12 durch Bypass-Leitung 17 strömt.

1 Im regenerierten Adsorber (z.B. Adsorber 6b) stellt sich  
eine Restbeladung von 9,5 Gew.% ein. Bei der oben beschrie-  
benen Kühlphase wird kalte Luft durch den Adsorber 6b gele-  
itet und die Temperatur der Schüttung hierbei auf 41°C ge-  
5 senkt. Nach 5 bis 10 Minuten werden die Ventile 15 und 16  
und die Schaltklappen 7 und 18 umgeschaltet, so daß die Luft  
über den Wärmetauscher 12 zunächst in den Adsorber 6a strömt.  
Da Adsorber 6b bereits vorgekühlt ist, desorbiert keine  
Feuchtigkeit in die Luft. Infolge der Adsorptionswärme steigt  
10 die Lufttemperatur im Adsorber 6b auf 59°C an, wodurch sich  
unter Berücksichtigung der Restbeladung des Adsorbers 6b  
hinter dem Abscheider 11 ein Drucktaupunkt der Luft von 10°C  
entsprechend 1,4 g H<sub>2</sub>O/Nm<sup>3</sup> einstellt. Die von der nachfol-  
genden Reinigungsvorrichtung (Molsiebadsorber, Regeneratoren  
15 oder Revex) zu entfernende Wassermenge beträgt nur noch  
71 kg/h entsprechend 16 % der ohne Anwendung des erfindungs-  
gemäßen Verfahrens eingefahrenen Menge. In gleichem Maß re-  
duziert sich die Desorptionsenergie, die in nachfolgenden  
Molsiebadsorbern für die Wasserentfernung aufgewendet wer-  
20 den muß.

Der Wärmetauscher 12 in Figur 2 macht aufgrund des Druck-  
abfalls einen höheren Verfahrensdruck erforderlich, der  
den Energiebedarf der Luftverdichtung um ca. 2 % erhöht.  
25 Außerdem ist mit dieser Anordnung ein tieferer Drucktau-  
punkt als 10°C nicht zu erreichen.

In Figur 3 ist ein abgewandeltes Verfahren gemäß Figur 2  
dargestellt, das die erwähnten Nachteile nicht beinhaltet  
30 und das es gestattet, den Drucktaupunkt der Luft auf z.B.  
-2°C zu senken.

Bei diesem Verfahren entfällt der Wärmetauscher 12, statt-  
dessen wird die Luft durch eine Zusatzkühlung des Zwischen-  
35 kühlers 3c der dritten Verdichterstufe 2c und/oder des

4.15

3008577

1 Kühlers 19 stärker abgekühlt. Die zusätzliche Kältezuführung ist durch die Leitungen 22 und 23 dargestellt. Die Kälte wird in besonders vorteilhafter Weise in einem in der Figur nicht dargestellten Verdunstungskühler erzeugt, in dem Wasser durch

5 Einleiten eines trockenen Produktstroms, insbesondere Stickstoff verdunstet wird. Trockene Zerlegungsprodukte stehen in ausreichender Menge für den Verdunstungskühler zu Verfügung. Bei nachfolgenden Adsorbern wird weniger Regeneriergas benötigt, so daß mehr Restgas für den Verdunstungskühler

10 zur Verfügung steht, bei nachfolgenden Regeneratoren oder Revex enthält das Regeneriergas weniger Feuchtigkeit und ist somit für den Verdunstungskühler besser geeignet.

15

Tabelle 1

	Drucktaupunkt °C	erford. Lufttemperatur nach Kühler 19 °C	Wassermenge n. Kühler 10 kg/h % *)
20	5	30	49 11
	-2	24	29 6,5

25

Tabelle 2

	Drucktaupunkt °C	erforderl. Lufttemperatur nach Zwischenkühler 3c °C	Wassermenge n. Kühler 10 kg/h % *)
30	5	27	49 11
	-2	21	29 6,5

\*) bezogen auf die Wassermenge bei einem Drucktaupunkt von 41 °C.

35

1 Wie die Tabellen zeigen, muß zur Erreichung desselben Drucktaupunktes bei Zusatzkühlung im Kühler 3c die Temperatur der Luft weiter abgesenkt werden als bei Zusatzkühlung im Kühler 19. Der Energiebedarf für die Zusatzkühlung bei Ein-  
5 satz im Kühler 19 ist daher geringer als im Kühler 3c.

Die Zahlenwerte für den Drucktaupunkt wurden im Hinblick darauf gewählt, daß ein Drucktaupunkt von 5°C ausreichend ist für die weitere Reinigung der Luft in Molsiebadsorbern,  
10 ein solcher von -2°C vorteilhaft für die weitere Reinigung in Revex und/oder Regeneratoren.

Bei Regeneratoranlagen ergibt sich der weitere Vorteil, daß für die Wasserkondensation weniger Wärmespeicherkapazi-  
15 tät eingebaut werden muß und daß bei solchen Anlagen der austretende unreine Spülstickstoff einen Taupunkt von unter 0°C aufweist.

Bei Revexanlagen entfällt bei der Heizflächenberechnung  
20 der Anteil für die Wasserkondensation, wesentlicher ist jedoch die Tatsache, daß mit erheblich geringeren Korrosionsproblemen oder Auffrierungen in den Revexblöcken zu rechnen ist.

25 Wie bereits in der Beschreibung von Figur 2 erläutert wurde, wird auch bei dem abgewandelten Verfahren gemäß Figur 3 jeweils der in Adsorption gehende Adsorber vorgekühlt. Hierzu wird die Luft zunächst für kurze Zeit (etwa 5 bis 10 Minuten) über Ventil 15 geleitet und nach Beendigung der  
30 Vorkühlung über Ventil 21. Gleichzeitig werden die Schaltklappen 7 und 18 umgestellt.

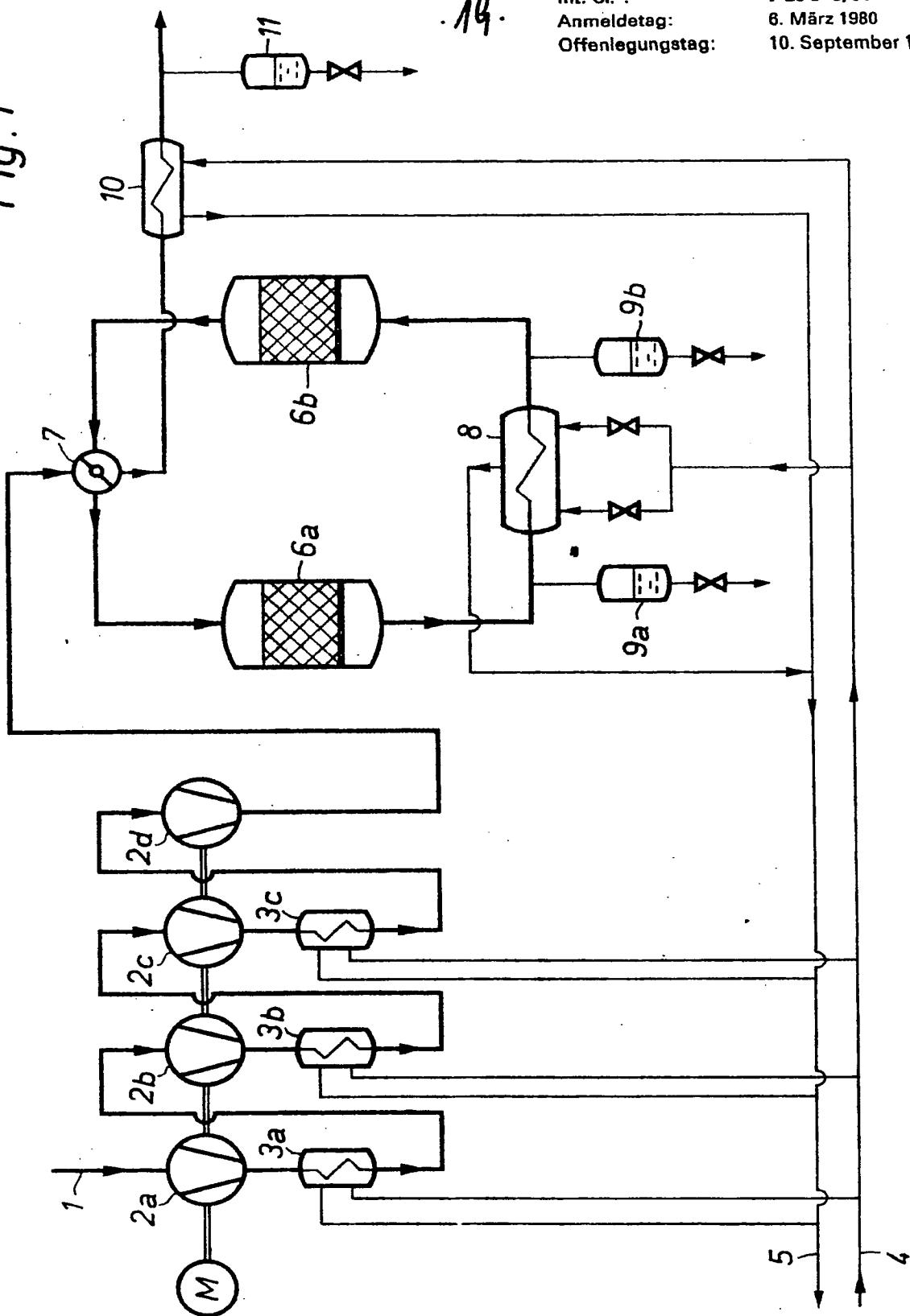
Das erfindungsgemäße Verfahren läßt sich grundsätzlich nicht nur bei der Luftzerlegung, sondern auch bei der Zerle-  
35 gung anderer Gasgemische anwenden, wenn diese Gasgemische unter Druck vorliegen und getrocknet werden müssen.

3008577

Nummer:  
Int. Cl. 3:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

30 08 577  
F 25 J 3/04  
6. März 1980  
10. September 1981

Fig. 1



130037/0528

- 14 -

3008577

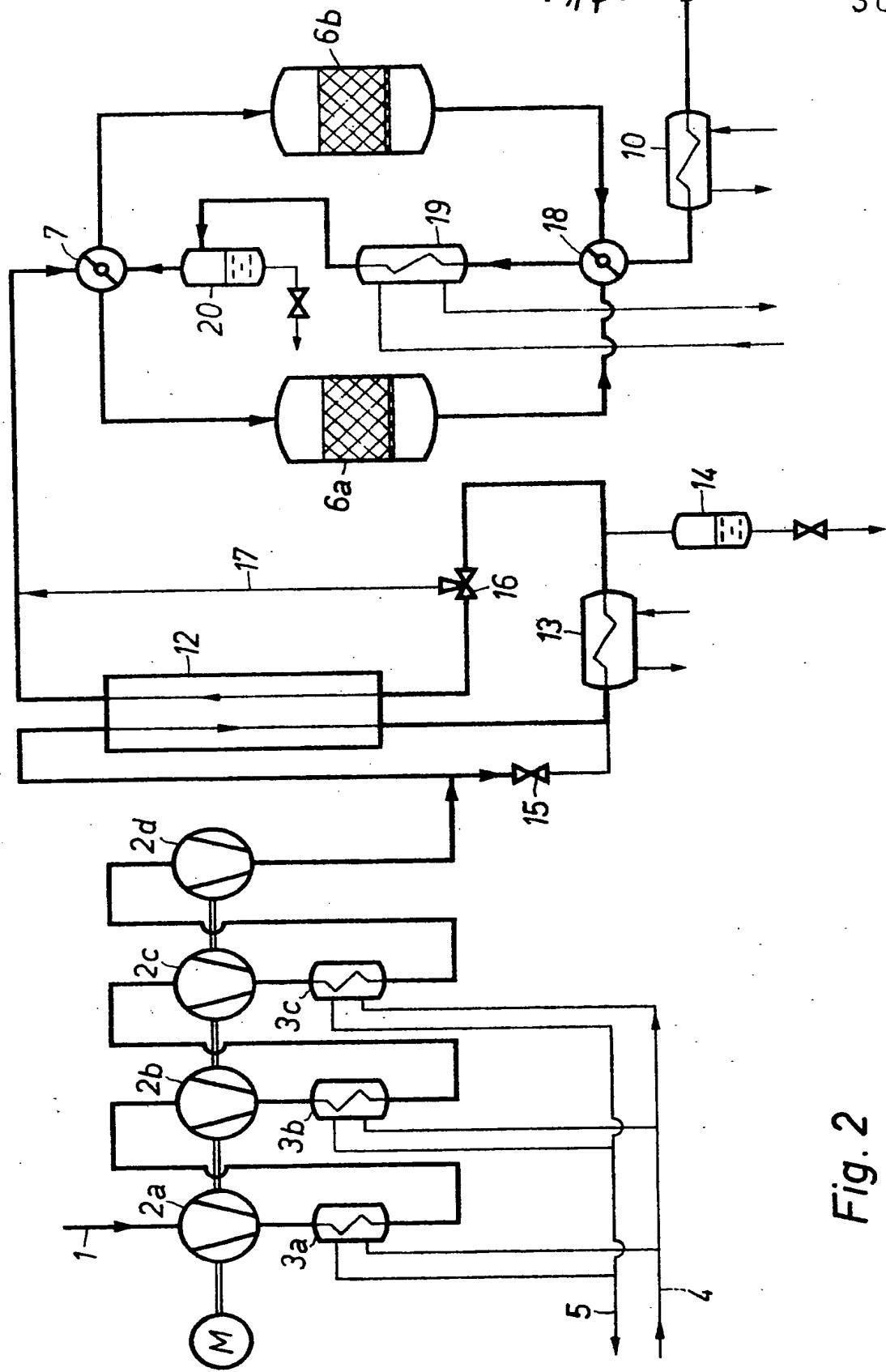
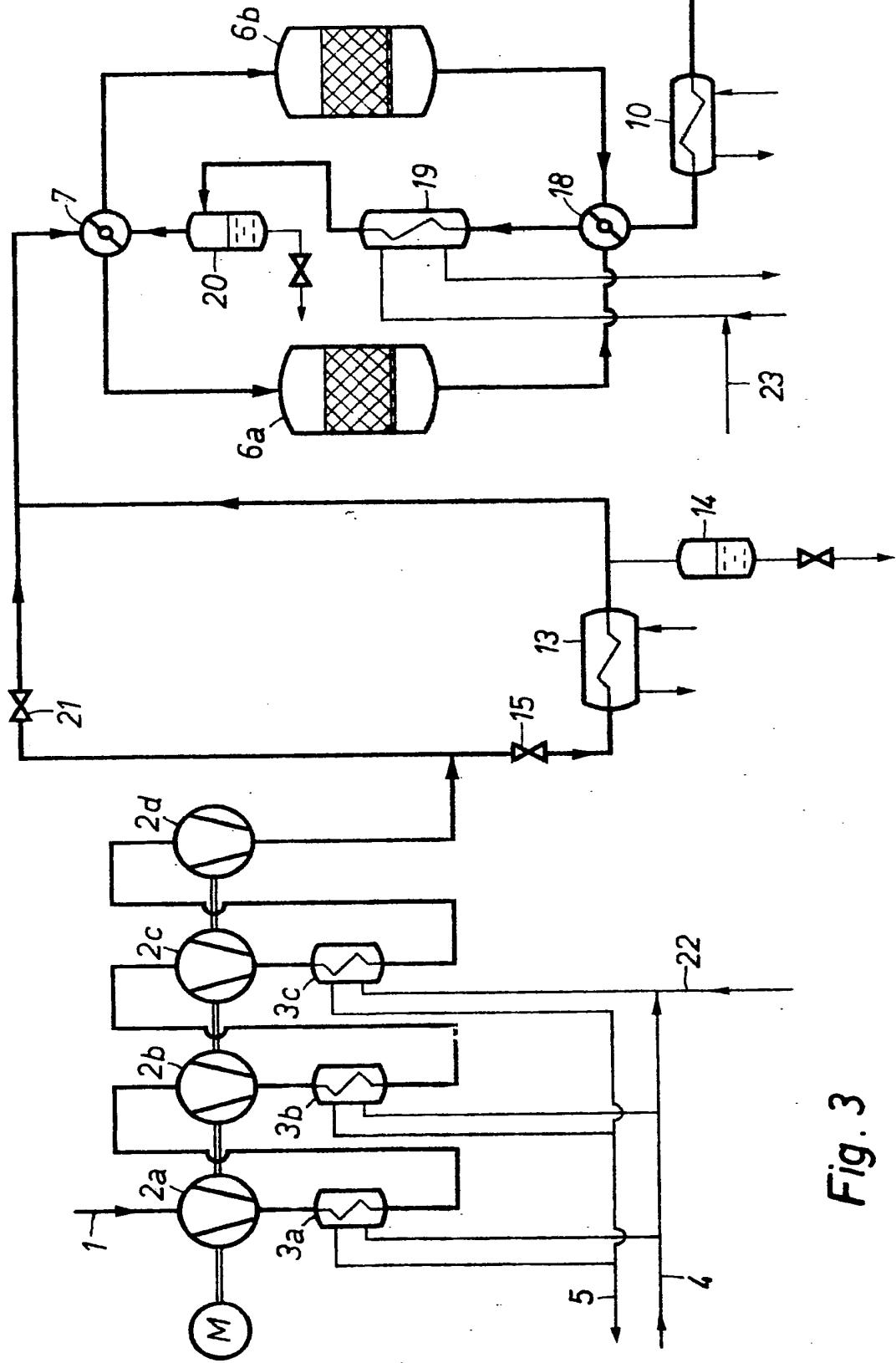


Fig. 2

130037/0528

- 18 -

3008577



**Fig. 3**

130037/0528

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**